



①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**  
⑩ **DE 195 21 518 C 2**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**C 21 C 5/00**  
C 21 C 5/52

②① Aktenzeichen: 195 21 518.4-24  
②② Anmeldetag: 13. 6. 1995  
④③ Offenlegungstag: –  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 8. 8. 1996  
④⑤ Veröffentlichungstag  
des geänderten Patents: 4. 5. 2000

**DE 195 21 518 C 2**

Patentschrift nach Einspruchsverfahren geändert

⑦③ Patentinhaber:  
L'Air Liquide, Paris, FR

⑦④ Vertreter:  
Patent- und Rechtsanwälte Bardehle, Pagenberg,  
Dost, Altenburg, Geissler, Isenbruck, 40474  
Düsseldorf

⑦② Erfinder:  
Brotzmann, Karl, Prof. Dr., 92224 Amberg, DE;  
Deloche, Daniel, Dr., Meudon, FR

⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 36 29 055 A1  
EP 05 64 432 B1  
EP 02 57 450 B1  
EP 03 50 982 A1  
EP 02 57 450 A2

DE-Z.: "gas aktuell", H.19, Mai 1980 S.22-26;  
DE-Z.: "gas aktuell", H.21, Juni 1981 S.3-12;  
Brockhaus Enzyklopädie, 17.Aufl., S.182, Stich-  
wort: "Strahl";

⑤④ Verfahren zur Verbesserung der Energiezufuhr in ein Schrotthaufwerk

⑤⑦ Verfahren zur Verbesserung der Energiezufuhr beim  
Aufheizen und Schmelzen eines Schrotthaufwerkes, bei  
dem in ein Schrotthaufwerk ein Kanal gebrannt wird und  
weitere Energiezufuhr für das Aufheizen und Schmelzen  
des Schrotthaufwerkes durch diesen Kanal erfolgt, da-  
durch gekennzeichnet, daß der Kanal mittels eines vorge-  
heizten, über eine Düse eingeblasenen heißen sauerstoff-  
haltigen Gasstrahles in das Schrotthaufwerk gebrannt  
wird.

**DE 195 21 518 C 2**

Beim Aufheizen und Aufschmelzen von Schrott ist die Energieübertragung in das Schrotthaufwerk der leistungsbegrenzende Schritt. So wird beispielsweise beim Elektrolichtbogenofen die Einschmelzphase durch in den Seitenwänden angebrachte Brenner unterstützt. Die Wärmeübertragung an das Schrotthaufwerk bei diesen Brennern ist jedoch begrenzt, da die Wärmeleitung durch das große Lückenvolumen der Schrottschüttung schlecht ist. Die über Brenner einbringbare Energie ist deshalb auf max. 10% der insgesamt nötigen Energie zum Aufschmelzen des Schrottes begrenzt.

Bei einem bekannten Konverterverfahren zum Aufschmelzen von Schrott wurde versucht, durch Bodendüsen, die mit Sauerstoff und staubförmiger Kohle betrieben werden, die Schrottsäule von unten aufzuschmelzen. Dadurch wurde eine optimale Wärmeübertragung der heißen Verbrennungsgase an das Schrotthaufwerk erreicht. Bei einer Variante dieses Verfahrens wurde auf den Boden des Konverters Koks chargiert, bevor der Schrott zugegeben wurde, und mit Hilfe von Sauerstoff der Koks verbrannt. In kleinen Konvertern gelang es mit diesem Verfahren, bei einem Koksverbrauch von etwa 220 kg pro Tonne Schrott, Schrott in flüssigen Stahl zu verwandeln. Dabei wurde durch einen Sauerstoffaufblasstrahl durch die Verbrennung der Reaktionsgase zusätzliche Energie von oben auf den Schrott übertragen.

Bei einem weiteren Verfahren wurden dicht über dem Boden des Konverters in der Seitenwand Erdgas- oder Ölsauerstoffbrenner angebracht. Mit diesem Verfahren gelang es zwar, Schrott einzuschmelzen, es wurde jedoch ein erheblicher Teil des Eisens oxidiert, und das verflüssigte Eisen mußte mit einer Temperatur unmittelbar oberhalb des Schmelzpunktes aus dem Konverter entfernt werden, um in einem getrennten Gefäß nachbehandelt zu werden.

In der Europäischen Patentschrift 0 350 982 A1 ist ein Verfahren zur Verbesserung der Energiezufuhr beim Aufheizen und Schmelzen eines Schrotthaufwerkes bekannt geworden. Bei diesem Verfahren wird mittels eines als Lanze ausgebildeten Brenners ein Kanal in das Schrotthaufwerk gebrannt und dann eine Sauerstofflanze in den Kanal eingebracht. Das Einbringen der Lanze erwies sich als praktisch undurchführbar.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß es bei allen bisher bekannten Verfahren nicht gelungen ist, ohne stark störende Nebenreaktionen und mit dem erforderlichen hohen thermischen Wirkungsgrad Energie aus der Verbrennung von fossilen Brennstoffen, sei es Kohle, Öl oder Erdgas, im wesentlichen Umfang in ein Schrotthaufwerk zu übertragen.

Aufgabe der Erfindung ist es, Energie in ein Schrotthaufwerk mit hohem thermischem Wirkungsgrad zu übertragen, ohne daß störende Nebenreaktionen auftreten.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Verbesserung der Energiezufuhr beim Aufheizen und Schmelzen eines Schrotthaufwerkes gelöst, bei dem in ein Schrotthaufwerk ein Kanal gebrannt wird und weitere Energiezufuhr für das Aufheizen und Schmelzen des Schrotthaufwerkes durch diesen Kanal erfolgt, das dadurch gekennzeichnet ist, daß der Kanal mittels eines vorgeheizten, über eine Düse eingeblasenen heißen sauerstoffhaltigen Gasstrahles in das Schrotthaufwerk gebrannt wird.

Es hat sich gezeigt, daß überraschenderweise ein heißer sauerstoffhaltiger Gasstrahl innerhalb von nur wenigen Minuten einen Kanal in ein Schrotthaufwerk brennen kann.

So gelang es beispielsweise, mit einem Heißluftstrahl von 2000 Nm<sup>3</sup> mit einer Windtemperatur von 1400°C einer Austrittsgeschwindigkeit aus der Heißluftdüse von 600 m/s und

unter Zusatz von 100 Nm<sup>3</sup>/h Erdgas, durch eine zentrale Düse innerhalb von 3 Minuten einen Kanal von etwa 20 cm Durchmesser und einer Tiefe von 3 m zu brennen.

Das Einbrennen des Kanals in das Schrotthaufwerk kann mit einem heißen sauerstoffhaltigen Gasstrahl allein ohne Zusatz von fossilen Brennstoffen erfolgen. Es wird jedoch bevorzugt, das Einbrennen des Kanals bei Gegenwart von fossilen Brennstoffen durchzuführen. Die fossilen Brennstoffe können im Schrotthaufwerk vorliegen. Es wird jedoch bevorzugt, die fossilen Brennstoffe dem Gasstrahl zuzugeben. Es versteht sich, daß auch beide Varianten, die Zugabe der fossilen Brennstoffe zum Schrotthaufwerk und zum Gasstrahl, möglich sind.

Als fossile Brennstoffe kommen in erster Linie Erdgas, aber auch Erdöl, Kohle sowie Koks in Betracht.

Es ist vorteilhaft, die Menge der zugesetzten fossilen Brennstoffe so niedrig zu halten, daß in dem Gasstrahl noch freier Sauerstoff vorhanden ist. Der freie Sauerstoff hilft, daß sich die Öffnung im Schrotthaufwerk schneller bildet. Außerdem werden brennbare Stoffe, die immer in einem Schrotthaufwerk vorhanden sind, innerhalb der Schrottsäule verbrannt, was zu einer besonders günstigen Energieausnutzung führt.

Erdgas wird als fossiler Brennstoff besonders bevorzugt. Bei etwa 2800°C erfolgt bei Verbrennung mit Sauerstoff eine Dissoziation in Radikale. Die Gase diffundieren in das Schrotthaufwerk, und bei niedrigerer Temperatur wird die Rekombinationsenergie an den Schrott abgegeben. Auf diese Weise ist eine besonders gute Energieübertragung gewährleistet. Die Flammentemperatur soll möglichst hoch sein und vorzugsweise mindestens 2500°C betragen.

Nach einer Anfangsphase von etwa 1 bis 2 Minuten werden die fossilen Brennstoffe am wirkungsvollsten in einer solchen Weise zugegeben, daß eine möglichst späte Reaktion innerhalb des Gasstrahles eintritt. So ist es beispielsweise zweckmäßig, das Erdgas durch eine Düse so zuzugeben, daß eine geringe Verwirbelung mit dem sauerstoffhaltigen Gasstrahl erfolgt. Bei Zugabe von Kohle kann es zweckmäßig sein, einen möglichst groben Anteil einer Feinkohle zu bevorzugen, also Kohleteilchen im Bereich von 0,1 bis 1 mm zu verwenden, die dann weitgehend erst innerhalb des durch den Gasstrahl geschaffenen Kanals verbrennen.

Als heiße sauerstoffhaltige Gase kommen Heißluft, mit Sauerstoff angereicherte Heißluft, aber auch reiner Sauerstoff in Betracht. Bei Sauerstoffanreicherung des Gasstrahls wird eine Menge von bis zu 30% Sauerstoffanreicherung bevorzugt. Diese Menge kann jedoch bis auf vorzugsweise 60% gesteigert werden, wenn die Anreicherung mit kaltem Sauerstoff erfolgt. Von den Einblasdüsen her gesehen ist es bedeutend einfacher, Heißluft einzublasen als Sauerstoff. Heißluft kann mit Keramikdüsen, Sauerstoff hingegen nur mit wassergekühlten Düsen eingeblasen werden.

Für einen möglichst hohen thermischen Wirkungsgrad ist es zweckmäßig, die Temperatur des sauerstoffhaltigen Gasstrahles so hoch wie möglich einzustellen. Als besonders vorteilhaft für Heißluft haben sich Temperaturen zwischen 1000 und 1600°C erwiesen. Aber auch Gasstrahlen höherer Temperatur können vorteilhaft eingesetzt werden. Vorzugsweise weisen die Gasstrahlen mindestens eine Temperatur von 500°C auf. Sauerstoff kann ohne große Probleme bis zu 1200°C vorgeheizt werden. Die Verwendung von Heißluft, auch mit Sauerstoff angereicherter Heißluft, hat gegenüber dem Einblasen von reinem kaltem Sauerstoff zwei wesentliche Vorteile: Durch die hohe Geschwindigkeit, die durch die mehr als doppelt so hohe Schallgeschwindigkeit der Heißluft bedingt ist, und durch die höhere Gasmenge ist ein wesentlich höherer Impuls als beim Einleiten von reinem Sauerstoff vorhanden. Dieser Impuls unterstützt das Einbrennen

der Öffnung. Obwohl der vorhandene freie Sauerstoff das Aufbrennen der Öffnung stark begünstigt, bewirkt der vorhandene Stickstoff einen gewissen Oxidationsschutz beim Aufschmelzen.

Es kommt jedoch auch die Verwendung von reinem heißem Sauerstoff in Betracht. Bei höherer Temperatur liegt die Schallgeschwindigkeit höher und beträgt beispielsweise bei 1200°C für reinen Sauerstoff etwa 900 m/s. Mit heißem Sauerstoff ist somit auch ein höherer Impuls erreichbar.

Ein praktisches Problem zu Beginn des Einbrennens des Kanals liegt darin, daß der Gasstrahl mit der optimalen hohen Geschwindigkeit zu Beginn an Schrottstücken reflektiert werden kann. Es ist deshalb zweckmäßig, eine kurze Zeit, etwa im Bereich von einer oder mehreren Minuten, mit wesentlich verminderter Geschwindigkeit, beispielsweise 10 bis 30% der Schallgeschwindigkeit, und bis herab zu etwa 100 m/s zu arbeiten. In der Anfangsphase empfiehlt sich auch ein hoher Zusatz an fossilen Brennstoffen.

Es ist hervorzuheben, daß direkt vor der Gaseinblasdüse sich eine kalte Zone ausbildet. Dies kann an dem Ansaugen der Umgebungsluft liegen. Es führt jedenfalls dazu, daß der Schrott nicht einmal oxidiert.

Nach der ersten Phase der optimalen Kanalbildung kommt es darauf an, möglichst viel Energie in den Kanal hineinzubringen. Dies wird vorzugsweise erreicht durch eine möglichst hohe Flammentemperatur, beispielsweise durch den Einsatz von Erdgas und Heißluft mit einer Flammentemperatur von 2800°C.

Ein wesentliches Kriterium ist auch die hohe Geschwindigkeit des Gasstrahles. Die Geschwindigkeit des Gasstrahles soll mindestens 300 m/s betragen. Bei Einsatz eines Sauerstoffgasstrahles soll die Geschwindigkeit mindestens 500 m/s betragen. Vorzugsweise liegt die Austrittsgeschwindigkeit des Gasstrahles bei 50 bis 100% der Schallgeschwindigkeit. Die Schallgeschwindigkeit steigt mit der Temperatur an und liegt bei den erwähnten hohen Temperaturen um etwa den Faktor 3 höher als die Schallgeschwindigkeit bei Raumtemperatur.

Eine vorteilhafte Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, im Elektrolichtbogenofen hauptsächlich während der Phase des Schrotteinschmelzens wesentliche Mengen an zusätzlicher Energie zuzuführen. So wurden beispielsweise an einem 100 to Elektrolichtbogenofen im oberen Bereich der Seitenwände drei Heißwindableitungsdüsen von 80 mm Durchmesser angebracht. Diese Düsen wurden während des Einschmelzens und der anschließenden Frischphase mit einer Heißwindmenge von 2000 Nm<sup>3</sup>/h je Düse und einer Sauerstoffanreicherung von 30% betrieben, wobei zusätzlich 300 Nm<sup>3</sup>/h Sauerstoff kalt dem Heißwindstrahl zugesetzt wurden. Die Heißwindtemperatur betrug 1400°C. Es wurden Brennstoffe in der zuvor beschriebenen Weise zugegeben, wobei nach dem Einschmelzen des Schrottes im wesentlichen nur noch die bei der Reaktion entstehenden Gase von dem Heißluftstrahl angesaugt wurden und deshalb keine weitere Zugabe von Brennstoffen in den Heißwindstrahl nötig war. Die Düsen wurden so angeordnet, daß sie in den Raum zwischen der Ofenwand und den Elektroden schräg nach unten mit einem Winkel von etwa 10° blasen. Es ist vorteilhaft, daß die Ausrichtung der Strahlen so erfolgt, daß sie auf eine Stelle des Bodens auftreffen, an der möglichst bald flüssiger Stahl gebildet wird. Wenn der Strahl nach dem Durchbrennen der Schrottsäule auf feuerfestes Material trifft, wird dieses in kurzer Zeit weggeschmolzen. Das gleiche gilt auch für die wassergekühlten Seitenwände des Elektrolichtbogenofens.

Generell kann der Einbau der Gaseinleitungsdüsen überall erfolgen, vorzugsweise jedoch mindestens 30 cm, bei Verwendung von Sauerstoff, mindestens 80 cm oberhalb der

Badoberfläche.

Bei einem Elektrolichtbogenofen, der mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ausgestattet wurde, konnte der Verbrauch an Elektroenergie von 480 kWh auf 280 kWh herabgesetzt werden. Gleichzeitig reduzierte sich die Einschmelzzeit von 58 min auf 42 min.

Es kommt auch in Betracht, anstelle von einer Düse bei dem Kanal zwei Heißwindstrahlen, die in entgegengesetzter Richtung blasen, anzuwenden, so daß bei drei Einblasstellen in der Seitenwand insgesamt sechs Strahlen eingeblasen werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich nicht nur zur Anwendung in einem Elektrolichtbogenofen. Es kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch ein Schrotthaufwerk aufgeschmolzen werden, ohne daß andere Energieformen zusätzlich eingesetzt werden. In das Schrotthwerk müssen dann in geeigneter Form fossile Energieträger eingebracht werden, indem zum Beispiel mit dem Schrott circa 100 kg Kohle pro Tonne chargiert werden. Ein Teil der Kohle kann über Düsen eingeblasen werden, sobald sich ein flüssiger Sumpf gebildet hat. Nach dem Aufschmelzen wirkt der Aufblasstrahl in bekannter Weise als Nachverbrennungsstrahl zur weiteren Zufuhr von Energie, um die nötige Abstichtemperatur zu erreichen.

Die Erzeugung der Heißluft erfolgt vorteilhafterweise mit einer speziell für diese Anwendung entwickelten Vorrichtung, dem sog. Pebble-Heater, wie er in der PCT WO 93.923585 beschrieben ist. Der Pebble-Heater kann vorzugsweise direkt am Gefäß in der Nähe der Einleitungsdüsen montiert werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Verbesserung der Energiezufuhr beim Aufheizen und Schmelzen eines Schrotthaufwerkes, bei dem in ein Schrotthaufwerk ein Kanal gebrannt wird und weitere Energiezufuhr für das Aufheizen und Schmelzen des Schrotthaufwerkes durch diesen Kanal erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Kanal mittels eines vorgeheizten, über eine Düse eingeblasenen heißen sauerstoffhaltigen Gasstrahles in das Schrotthaufwerk gebrannt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kanal in Gegenwart von fossilen Brennstoffen in das Schrotthaufwerk gebrannt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß dem Gasstrahl fossile Brennstoffe zugegeben werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Gasstrahl ein Heißluftstrahl eingesetzt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Gasstrahl ein mit bis zu 30% mit Sauerstoff angereicherter Heißluftstrahl eingesetzt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Gasstrahl ein mit bis zu 60% mit kaltem Sauerstoff angereicherter Heißluftstrahl eingesetzt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Gasstrahles mindestens 500°C beträgt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Gasstrahles 1000 bis 1600°C beträgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Austrittsgeschwindigkeit des Gasstrahles 50 bis 100% der Schallgeschwin-

digkeit beträgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit des Gasstrahles mindestens 300 m/s beträgt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit eines Sauerstoffgasstrahles mindestens 500 m/s beträgt. 5

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Geschwindigkeit des Gasstrahles in der Anfangsphase 10 bis 30% der Schallgeschwindigkeit beträgt. 10

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Gasstrahl zugesetzten fossilen Brennstoffe im wesentlichen erst in dem durch den Gasstrahl geschaffenen Kanal verbrennen. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65